



La Neurociencia Computacional hoy: II. El Proyecto Blue Brain, un ejemplo muy representativo en el campo

Jesús Cortés

Institute for Adaptive and Neural Computation, University of Edinburgh, UK.

Tipo de artículo: Actualidad.

Disciplinas: Neurociencia, Inteligencia Artificial.

Etiquetas: Neurociencia Computacional, simulación por ordenador, procesos neurales, cerebro, proyecto Blue Brain.

La Neurociencia Computacional es un campo reciente, pero bien establecido dentro de las Neurociencias. En un primer artículo (Cortés, 2009, <http://www.cienciacognitiva.org/?p=55>), “Qué es y por qué es difícil su estudio”, explico su principal paradigma: todo proceso mental que tiene lugar en nuestro cerebro tiene un circuito o cableado físico que lo sustenta. En este artículo comento un ejemplo muy representativo en el campo: el macro-proyecto de simulación a gran escala y en tiempo real de procesos en la corteza cerebral, el famoso Blue Brain Project.

En la corteza cerebral se procesan multitud de operaciones que no son susceptibles de ser programadas usando ordenadores convencionales (al menos con instrucciones del tipo “Si A entonces B”). Por ejemplo, cuando pensamos en un problema matemático, hablamos, prestamos atención a alguien que nos habla, nos adaptamos a diferentes entornos, planeamos nuestro futuro o tomamos ciertas decisiones. ¿Qué circuitos están implicados en cada proceso? ¿Cómo realizan su procesamiento de información característico? La Neurociencia Computacional intenta dar soluciones a estas cuestiones (véase Cortés, 2009, <http://www.cienciacognitiva.org/?p=55>).



(cc) philosophy_rebel

Hoy en día existen abundantes datos experimentales de conectividad y actividad cerebral, de su especificidad, y de la dinámica de estos circuitos (véanse, p. ej., Leapman, 2004; Smith, 2007; y las citas que incluyen). Gracias a estos datos experimentales sabemos que existe una conexión estructura-función a través de varias operaciones que el cerebro utiliza, que aunque son relativamente simples, aún no pueden ser programadas con ordenadores convencionales. Por ejemplo, el código neuronal es altamente eficiente, tiene una alta redundancia que le hace tolerante a fallos, y es capaz de operar en niveles de ruido muy altos (van Rossum, Turrigiano y Nelson, 2002). Además, es adaptativo y cambia en tiempo real, lo que se conoce como plasticidad sináptica (Silberberg, Gupta y Markram, 2002; Abbott y Regehr, 2004).

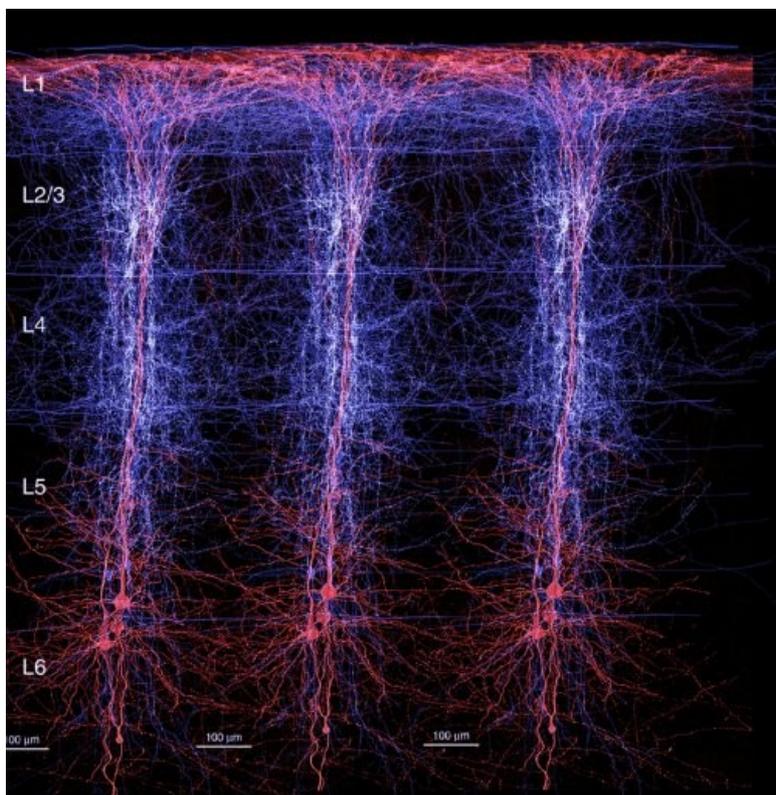


Fig. 1.- Collage de neuronas reconstruidas y simuladas en el ordenador; en particular neuronas del tipo piramidal y Martinotti. ©BBP/EPFL. Imagen reproducida con permiso. Nuevas reproducciones, totales o parciales, no permitidas.

Recientemente, ha surgido una nueva tendencia dentro de la Neurociencia Computacional hacia el desarrollo de software/hardware inteligente, capaz de resolver problemas de forma similar a como nuestro cerebro lo hace. Aunque este propósito puede parecer un poco de ciencia ficción, ya hay diferentes proyectos internacionales desarrollando la misma línea de investigación. El proyecto COLAMN (<http://colamn.plymouth.ac.uk/colamn-project/>) en Reino Unido, en el cual he participado, pretende explotar la estructura laminada de la corteza cerebral (Thomson y Bannister, 2003; en Correa, 2008b, <http://www.cienciacognitiva.org/?p=53>, se puede consultar una entrevista donde hablo sobre el proyecto). El proyecto FACETS (<http://facets.kip.uni-heidelberg.de/>), subvencionado por la Comisión Europea, intenta implementar la corteza cerebral tomando como unidad mínima de información el microcircuito, circuitos de miles de neuronas altamente conectadas. Proyectos más específicos basados en una estructura y función

realista, pero con un grado de implementación muy avanzado, son, por ejemplo, la fabricación e implementación de una retina en silicio (ETH Zurich, Switzerland), la fabricación de una nariz artificial capaz de reconocer e identificar diferentes olores (Universidad de Edimburgo, UK), el implante de cóclea artificial para pacientes sordos (MIT, USA), un chip-sónar basado en la anatomía del murciélago (Universidad de Maryland, USA) o un chip capaz de percibir movimiento basado en el sistema visual de la mosca (Universidad de Arizona, USA).

Pero, sin lugar a dudas, el proyecto internacional que más pasión despierta es el Blue Brain (<http://bluebrain.epfl.ch>). Por ese motivo en este artículo me extenderé sobre él. Con sede en la Escuela Politécnica Federal de Lausanne (EPFL), en Suiza, el macroproyecto Blue Brain tiene como colaborador estratégico al gigante informático IBM y es el referente mundial en simulación de procesos cerebrales en tiempo real. Muy recientemente, en Estocolmo, el Prof. Henry Markram, Investigador Principal del proyecto, habló de su evolución pasada, presente y futura. Su charla se puede ver en <http://neuroinformatics2008.org/congress-movies/Henry%20Markram.flv/view>.

Gracias a la potencia de cálculo del supercomputador Blue Gene de IBM, con 8192 procesadores y con potencia aproximada de 22 TeraFlops ($22 \cdot 10^{12}$ FLOPS) se ha conseguido simular una columna neocortical (Neo-Cortical Column, NCC): una microcolumna de la corteza cerebral que consiste en un cilindro de medio milímetro de diámetro por dos milímetros de alto. Por cada cilindro existen unas 10000 neuronas. La conectividad (aproximadamente 10^7 sinapsis por columna) y la dinámica de dicha conectividad es muy específica. Usando la gran mayoría de datos experimentales anatómicos y electrofisiológicos publicados hasta la fecha en revistas científicas, se han construido mapas de conexiones entre neuronas y se han implementado en el modelo. Las dos figuras de este artículo ilustran la complejidad resultante. Este proceso de optimización o búsqueda de soluciones con un número astronómico de parámetros libres y consistente con datos experimentales requiere de una enorme potencia de cómputo, como la de BlueGene.

El BlueBrain Project utiliza la NCC como unidad mínima de procesamiento de información. En la corteza cerebral de casi todos los mamíferos existen tales micro-columnas, de características idénticas. Entre diferentes animales, a muy grosso modo, sólo cambia su número. Una vez conseguido simular la actividad cerebral en esta micro-columna sólo dos veces más lentamente que en un cerebro real, este proyecto toma, sin lugar a dudas, el liderazgo a nivel mundial en cuanto a simulación realista de procesos biológicos a gran escala. En este vídeo (<http://ditwww.epfl.ch/cgi-bin/EPFLTV/home.pl/?page=video&lang=2&id=333&plugin=9&plugin=1&plugin=2&plugin=3&checkplugin=1>) se puede visualizar el grado de complejidad simulada dentro de cada micro-columna. La computación en paralelo de cómo varias micro-columnas interaccionan entre sí es algo inmediato.

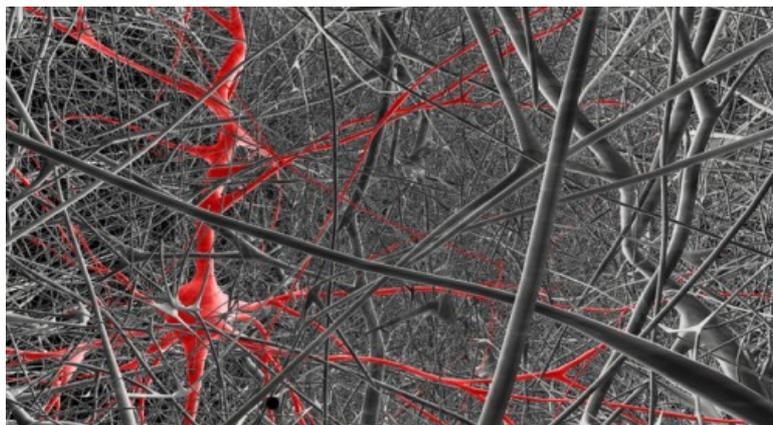


Fig. 2.- Vista interior de una columna en la corteza cerebral. En rojo se colorea una neurona piramidal para visualizar sus conexiones con las demás neuronas. Por problemas de visualización, se representa una densidad de neuronas que es sólo el 10% de la real, de acuerdo con datos experimentales. Imagen reproducida con permiso de su copyright ©BBP/EPFL . Nuevas reproducciones, totales o parciales, no permitidas.

Muy recientemente, promediando la actividad de varios miles de neuronas dentro de una micro-columna, se han encontrado frecuencias gamma (en el rango de 40-80Hz), de las que se cree que están relacionadas con procesos mentales de alta cognición en humanos y otros mamíferos (véase, p. ej., Jensen, Kaiser y Lachaux, 2007; y Correa, 2008a, <http://www.cienciacognitiva.org/?p=17>, en esta misma revista).

Resumiendo, una vez incorporados más de 50 años de datos experimentales, el proyecto BlueBrain pretende aclarar problemas de función y disfunción cerebral, simulándolos en un macro-cerebro artificial. Se trata de usar ingeniería inversa para entender la interacción mente-cerebro. En un futuro próximo se quiere incorporar un grado más de realismo a las simulaciones de la micro-columna incluyendo datos experimentales a nivel molecular y genético. Así, usando simulaciones, se podría comprobar la eficacia de diferentes fármacos o drogas para la cura de enfermedades del sistema nervioso, incluyendo Alzheimer o Parkinson.

Referencias

Abbott, L. F. y Regehr, W. G. (2004). Synaptic computation. *Nature*, 431, 796-803.

Jensen, O., Kaiser, J. y Lachaux, J. P. (2007) Human gamma-frequency oscillations associated with attention and memory. *Trends in Neurosciences*, 30, 317-324.

Leapman, R. D. (2004). Novel techniques in electron microscopy. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 591-598.

Markram, H. (2006). The Blue Brain Project. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 153-160.

Silberberg, G., Gupta, A. y Markram, H. (2002). Stereotypy in neocortical microcircuits. *Trends in Neurosciences*, 25, 227-230.

Smith, S. J. (2007). Circuit reconstruction tools today. *Current Opinion in Neurobiology*, 17, 601-608.

Thomson, A. M. y Bannister, A. P. (2003). Interlaminar connections in the neocortex. *Cerebral Cortex*, 13, 5-15.

Van Rossum, M. C. W., Turrigiano, C. G. y Nelson, S. B. (2002). Fast propagation of firing rates through layered networks of noisy neurons. *Journal of Neuroscience*, 22, 1956-1966.

Agradecimientos

Especial agradecimiento para Debono Christiane, quien, en representación del Proyecto Blue Brain, me facilitó las imágenes presentadas en este artículo e información necesaria para su elaboración.